

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE CONVECTIVO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EXPERIMENTAL EM CUPCAKE DE CHOCOLATE RESFRIADO A TEMPERATURA AMBIENTE

DETERMINATION OF EXPERIMENTAL CONVECTIVE HEAT-TRANSFER COEFFICIENT OF CHOCOLATE CUPCAKE COOLED IN ENVIRONMENT TEMPERATURE

Erika Dorathy Avelino Santos¹; Savana Mara Ferreira Silva²; Anne Caroline Avelino Santos³; Antônio Martins de Oliveira Júnior⁴; Gabriel Francisco da Silva⁵;

¹Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
erika.dorathy@hotmail.com

²Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
Savana_mara@hotmail.com

³Universidade Tiradentes – UNIT – Aracaju/SE – Brasil
annecaroline@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
amartins.junior@gmail.com

⁵Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
gabriel@ufs.br

Resumo

O coeficiente convectivo de transferência de calor é um dado fundamental para o controle de variáveis durante a produção de um produto, através dele é possível definir variáveis como tempo e temperatura e então otimizar qualquer processo. Este trabalho visou fazer um estudo e calcular o valor experimental do coeficiente convectivo de transferência de calor na produção de cupcakes de chocolate, levando em consideração que este é um mercado potencial que está em ascensão, já que, o produto é consumido por pessoas de qualquer idade. Para a obtenção deste coeficiente foi necessário calcular parâmetros da condutividade térmica, capacidade calorífica e densidade, tais dados foram calculados através das equações de Choi and Okos que são baseadas na composição centesimal dos alimentos.

Palavras-chave: cupcake chocolate; convecção; resfriamento.

Abstract

The convective heat-transfer coefficient is an important value to control variables during the production of a product, with it is possible to define variables such as time and temperature and then optimize any process. This work aimed makes an evaluation and calculate the convective heat-transfer coefficient in the chocolate cupcakes production. In fact, this product is growing up at market and has been consumed for people with any age. To obtain this coefficient it was necessary to calculated parameters like thermal conductivity, heat capacity and density. These parameters were calculated with the Choi and Okos equations that are based on centesimal composition of food.

Keywords: Chocolate cupcakes; convection; cooling.

1. Introdução

O consumo de bolos tem aumentado constantemente nos últimos anos, embora não seja considerado um alimento básico. Estes produtos são consumidos por pessoas de qualquer idade. Trata-se de produto obtido pela mistura, homogeneização e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, fermentadas ou não e outras substancias alimentícias como, por exemplo, do leite, ovos e gorduras. (ESTELLER *et al*, 2005)

A massa do bolo é constituída por um sistema bifásico: gordura e outros ingredientes da mistura. A fase gordurosa apresenta-se dispersa de forma irregular com partículas de forma e tamanho variados. Essas partículas encontram-se internamente incorporadas com inúmeras bolhas de ar originárias do processo de batimento. No entanto, a farinha de trigo constitui o principal componente das formulações, por fornecer uma matriz em que, os demais ingredientes são misturados para formar a massa. (BORGES *et al*, 2006)

Quando um fluido (líquido ou gás) entra em contato com um corpo sólido como a superfície de um bolo, irá ocorrer troca de calor entre o corpo e o fluido sempre que houver diferença de temperatura entre os dois. Durante o aquecimento e o esfriamento de gases e líquidos, haverá fluxo de calor nos fluidos com os sólidos por convecção. A equação do fluxo é dada por: $q = hA(T_s - T_\infty)$. (AMENDOLA *et al*, 2009). O coeficiente de transferência de calor, h , não é uma propriedade do material sólido. Este coeficiente, entretanto, depende do valor das propriedades do fluido (densidade, calor específico, viscosidade, condutividade térmica), a velocidade do fluido, geometria e rugosidade da superfície do objeto sólido que está em contato com o fluido. Um alto valor de h reflete numa alta taxa de transferência de calor. (SINGH *et al*, 2009)

O objetivo deste trabalho foi determinar o coeficiente de transferência de calor do resfriamento de cupcake de chocolate após ser retirado do forno e levado a temperatura ambiente.

2. Material e métodos

O bolo foi feito com a mistura para bolo sabor chocolate da marca Sarandi. Depois que a massa estava pronta, foi levada a uma fôrma de forma cilíndrica que media 0,05839m de altura de 0,06738m de diâmetro e levada ao forno. O cupcake foi levado para assar durante 28 minutos, depois de assado ele foi desenformado imediatamente e deixado exposto ao ambiente para que assim começasse o processo de transferência de calor. A temperatura do cupcake foi medida por meio de termopares do tipo K, a temperatura do ambiente estava a 23,3°C. A temperatura do

cupcake foi medida no centro geométrico. As temperaturas foram avaliadas a cada 60 segundos. Este procedimento foi realizado em duplicata.

Teve-se o auxílio de um paquímetro de marca Mitutoyo com escala de 0,01 mm para medirem-se o diâmetro e a altura do cupcake, para então obter uma maior exatidão ao calcular as áreas e volumes destas, posteriormente.

A composição centesimal do bolo pode ser observada na tabela 1, esses dados foram obtidos através da tabela nutricional presente na embalagem do produto.

Tabela 1 - Composição centesimal (porção de 100g)

Componente	Quantidade (g)
Carboidrato	76,67
Proteínas	3,83
Lipídios	7,83
Fibras	3,67
Umidade	8
Total	100

Fonte: Tabela nutricional fornecida pelo fabricante.

Em seguida foram realizados os cálculos para obter os parâmetros da condutividade térmica, capacidade calorífica e densidade, para encontrar o valor do coeficiente de transferência de calor. Os cálculos para obtenção de tais parâmetros foram realizados através de equações definidas por Choi and Okos, que são baseadas em cada componente de qualquer produto, neste caso cupcake de chocolate. A temperatura escolhida para determinação dos parâmetros foi a temperatura de estabilização em cada ponto.

Através da curva de temperatura encontrada com os dados experimentais foi possível montar um gráfico em função do logaritmo natural da diferença da temperatura do produto e do ambiente versus tempo. Com este gráfico obteve-se uma equação onde o coeficiente angular foi encontrado e então foi possível realizar uma relação matemática para achar o coeficiente de transferência de calor.

3. Resultados e Discussões

Na Tabela 2, é possível observar os valores dos parâmetros encontrados através da tabela de Choi e Okos, no ponto onde a temperatura foi medida (no Centro Geométrico, aqui denominado de CG).

Tabela 2 - Parâmetros da amostra.

C_p (kJ/kg°C)	K (W/m°C)	ρ (Kg/m ³)
-----------------	-------------	-----------------------------

CG ₁	1,8691	0,2818	1416,7
CG ₂	1,8675	0,2803	1417,1

Fonte: Autoria própria (2012)

Sendo que C_p é a capacidade calorífica, K é a condutividade térmica e ρ é densidade. O gráfico de 1, mostra a curva de temperatura obtida com os valores experimentais.

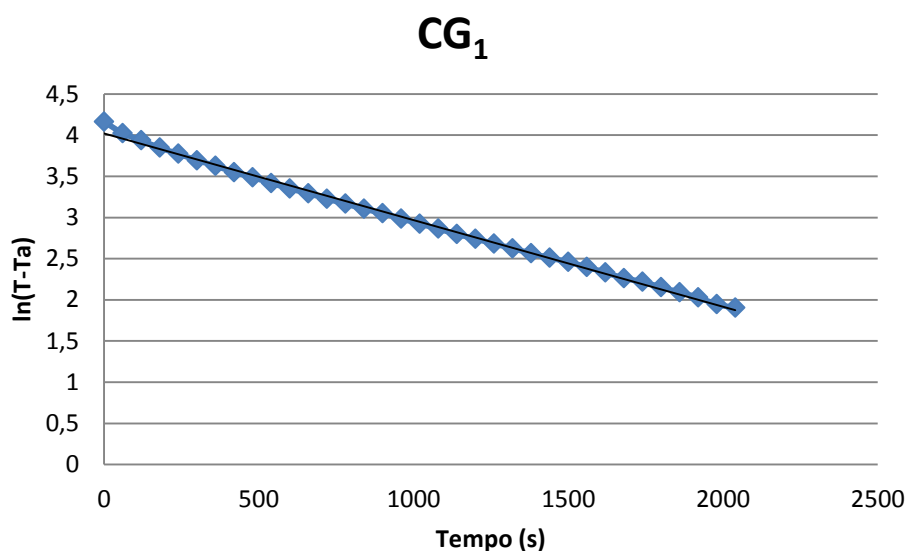


Figura 1 – Gráfico: curva do \ln da diferença de temperatura versus tempo de resfriamento no CG.

Fonte: Autoria Própria (2012)

Para a determinação do coeficiente convectivo foi utilizada regressão linear com coeficiente de correlação de 0,997 pelo modelo linear gerado. O resultado para o coeficiente de transferência de calor encontrado foi $127,242 \text{ W/m}^2\text{°C}$, sendo que o erro relativo foi 3,6%. A temperatura de estabilização foi de 30°C .

Tendo em vista o valor do erro relativo pode-se observar que o coeficiente de transferência de calor encontrado experimentalmente é bastante confiável, não acarretando maiores dificuldades para se realizar uma análise mais detalhada do resfriamento do cupcake após sua retirada do forno.

4. Conclusão

Este tipo de experimento se mostra muito promissor para uma possível continuidade de trabalhos como esses, a fim de aperfeiçoar processos e diminuir os riscos do produto, não somente no caso de resfriamento de cupcakes, mas também em outros produtos, como no resfriamento de biscoitos, massas e etc. Entretanto, estudos complementares ainda devem ser conduzidos para diferentes temperaturas.

5. Referências Bibliográficas

SINGH, R. Paul; HELDMAN, Dennis R. **Introduction to food engineering**. 4th ed. London: Academic Press, c2009. xxii, 841 p. (Food Science and Technology, International Series)

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. **Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 25(4), p. 802-806, 2005.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; LUCIA, S. M. DELLA.; PEREIRA, P. C.; MORAES, A. F.; CASTRO, V. C. **Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos**. B. CEPPA, 24(1), p. 145-162, 2006.

AMENDOLA, M.; DUSSÀN-SARRIA, S.; RABELLO, A.A. **Determinação do coeficiente convectivo de transferência de calor de figos submetidos ao resfriamento rápido**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.13, n.2, p.176–182, 2009.